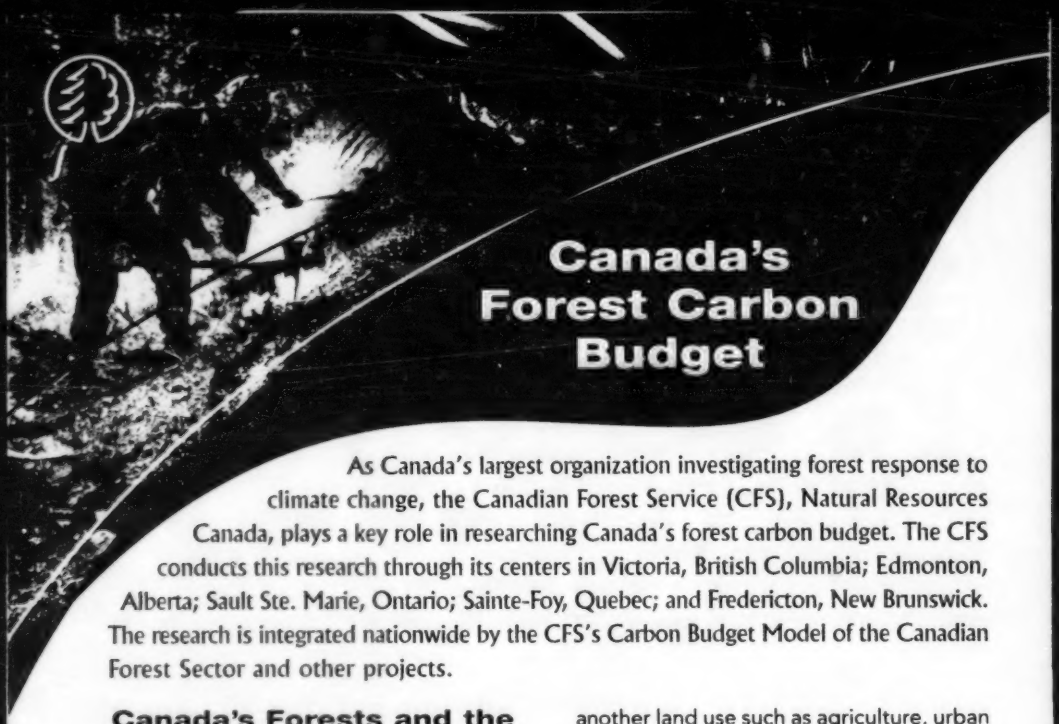


Canada's Forest Carbon Budget

As Canada's largest organization investigating forest response to climate change, the Canadian Forest Service (CFS), Natural Resources Canada, plays a key role in researching Canada's forest carbon budget. The CFS conducts this research through its centers in Victoria, British Columbia; Edmonton, Alberta; Sault Ste. Marie, Ontario; Sainte-Foy, Quebec; and Fredericton, New Brunswick. The research is integrated nationwide by the CFS's Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector and other projects.

Canada's Forests and the Global Carbon Cycle

Canada's forests contain a large amount of carbon and thus play an important role in the global carbon cycle.

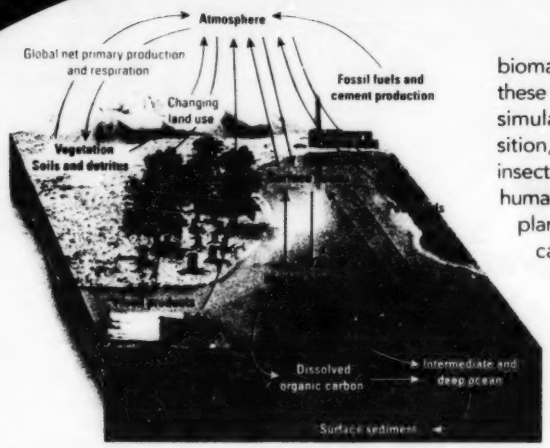
Most scientists believe that increased carbon dioxide in the atmosphere, largely from the burning of fossil fuels, is causing global warming. Forests remove carbon dioxide from the atmosphere and thus help reduce global warming. Canada's forest ecosystems are **reservoirs** of atmospheric carbon: places where greenhouse gases and their precursors are stored. These forest ecosystems hold large carbon **stocks**—the amount of carbon in the reservoir at a given time—in their trees, soil, and peat. Not all the carbon is lost to the atmosphere when trees are harvested; carbon is also stored in wood products (paper, lumber, furniture, building materials). A forest in which carbon stocks are increasing is called a **sink**; one in which carbon stocks are decreasing, a **source**. Whether a forest is a sink or a source can change over time. When the forest burns, is destroyed by insects, or is converted to another land use such as agriculture, urban housing, or roadways, some of the carbon is returned to the atmosphere as carbon dioxide—the forest is a source. When the forest grows again, it absorbs carbon dioxide from the atmosphere and uses the carbon to produce plant tissue—the forest is a sink.

Forest management practices such as harvesting, protection from insects, diseases, and fire, and silvicultural techniques can affect how much carbon is absorbed by a forest, how long it is stored, and how much of it is emitted back into the atmosphere. Sustainable forest management practices can result in increased stored carbon in the forest, for example, by reducing soil disturbances and by enhancing regeneration and regrowth after fire, insect, and harvest disturbances. Creating new forests (afforestation) and reducing the permanent loss of forests (deforestation) also increases and enhances the storage of carbon in Canada's forest ecosystems, contributing to reduced concentrations of carbon dioxide in the atmosphere.

Canada has over 400 million ha of forest, nearly 10% of the global forest area. Estimating the

Canada

101-07411/



Carbon is exchanged between the atmosphere, the oceans, the terrestrial biosphere, and on geological time scales, with sediments and sedimentary rocks.

size of the carbon exchanges between the atmosphere and forest is important because carbon dioxide is one of the major greenhouse gases contributing to climate change that is directly influenced by human activity.

Because Canada has such a large forest, its carbon budget cannot be estimated by direct measurement; a combination of modeling and observations must be used. Scientific research and the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector are helping to understand how different parts of the forest carbon cycle respond to changes in species, growth, natural disturbances, forest silvicultural practices, land use, and climate. This is important if Canada is to manage its forest to reduce global atmospheric carbon dioxide and thereby decrease global warming.

Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector

A model is a simplification of reality.

Since the late 1980s, CFS researchers have been developing a computer-simulation model that describes the carbon dynamics of Canada's forest ecosystems. The Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector is a general accounting framework that tracks carbon stocks and fluxes (inputs and outputs of carbon) in forest ecosystems. It incorporates observed forest inventory data and modeled processes to simulate the carbon cycle of the forest, including carbon storage in above- and belowground biomass and soils and carbon exchange among these reservoirs and the atmosphere. The model simulates forest growth, mortality, decomposition, the effects of natural disturbances (fires, insects, and diseases), and the impacts of direct human activities (harvesting, product processing, planting, and forest protection) on the forest carbon cycle. The effects of disturbances on the age-class structure of forest stands and carbon releases to the atmosphere and forest floor are also calculated. A connected Forest Product Sector model simulates the fate of harvested material in lumber and other forest products. The Carbon Budget Model calculates carbon cycle estimates on the basis of 42 spatial units (derived from the overlay of administrative boundaries of Canada's provinces and territories and ecoclimatic provinces) and 457 distinct forest ecosystem types.

Disturbances

Disturbances are an important part of the natural forest cycle. However, wildfire, insect-induced forest mortality, and logging operations accelerate the release of carbon dioxide to the atmosphere, which will exacerbate climate change; they also drive the age-class structure of the forest, which in turn affects the forest's ability to sequester carbon. There is a great deal of variability from year to year in natural disturbances.

The question of whether Canada's total forest ecosystems are a sink or source of carbon is not easy to answer. Current understanding suggests that they fluctuate between being a sink and source over periods of years to decades.

Results from the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector indicate that there was a high rate of disturbances in the late 1800s. These disturbances caused the establishment of large cohorts of young stands in the early 1900s—a sort of forest baby-boom. As a result, by the 1920s the forest was sequestering large amounts of carbon. From 1920 to1970 the disturbance regime was fairly low. By 1970 the forest was dominated by mature trees, resulting in a general decrease in the amount of carbon being sequestered. These stands are now

Forest Stands: Age-Class Structure Dynamics

Canada's net carbon budget is the sum of the carbon dynamics of individual forest stands across the country.

A young stand of trees may grow quickly, but the trees in it are still so small that it holds only a small amount of carbon. At the same time, the soil in a young stand contains a great deal of old carbon-rich organic debris from the mature stand that grew on the site before the disturbance; this carbon continues to decay as organic matter decomposes, releasing carbon to the atmosphere. As the stand ages, and the trees get bigger, it holds larger amounts of carbon. It also starts adding more carbon to the soil with dead leaves and branches falling from the more mature trees. When the stand is mature, and the trees are no longer growing quickly, it tends to become effectively carbon neutral—decomposition of dead leaves and branches on the forest floor balances the absorption of new carbon by the trees. When the stand is overmature, it may actually become a source of carbon again, as the amount of decaying leaves and branches on the forest floor is great enough to outweigh the continued absorption by the old, slow-growing trees.

Other factors also affect a forest's carbon budget. A mature stand is more susceptible to increased mortality from insects, diseases, and forest fires, which cause increased decomposition and the subsequent release of carbon dioxide to the atmosphere. Harvesting in a mature stand results in a loss of carbon from the forest in the form of harvested materials and an increase in the release to the atmosphere of carbon dioxide through higher decomposition from remaining parts (such as stumps and roots). However, not all the carbon lost from the forest goes directly to the atmosphere; some is stored in wood products. Stand regrowth reabsorbs what carbon was lost to the atmosphere over time.

mature and overmature, and many are carbon neutral or even carbon sources. From around 1970 to the present there has been a dramatic increase in disturbances, and old stands are being replaced by new young stands. High combustion, decomposition, and respiration losses of carbon accompany these disturbances.

Canada's total forest ecosystem was a net carbon sink from 1920 to1979, and a net carbon source from 1980 to the present. Not all forests in Canada are the same. Some areas are carbon sinks and others are carbon sources, depending on the forests's history and its current state.

The Research Continues

Research at the Canadian Forest Service is currently focusing on how the managed forest, the land area that is subject to forest management and which is at present believed to be a net carbon sink, can be sustained and enhanced for carbon storage. The intent is to ensure that Canada's forests and their management are part of the solution, not part of the problem, in terms of reducing atmospheric concentrations of carbon dioxide and mitigating the effects of climate change.

www.nrcan-rncan.gc.ca/cfs-scf

For more information contact:

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Science Branch
580 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E4
Tel.: (613) 947-7341
Fax: (613) 947-7396

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Road
Victoria, British Columbia
V8Z 1M5
Tel.: (250) 363-0600
Fax: (250) 363-0775

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122 Street
Edmonton, Alberta
T6H 3S5
Tel.: (780) 435-7210
Fax: (780) 435-7359

© Her Majesty the Queen in Right of Canada 2001 ISBN 0-662-66026-9 Cat. no. Fo42-323/2001

Bilan du carbone des forêts du Canada

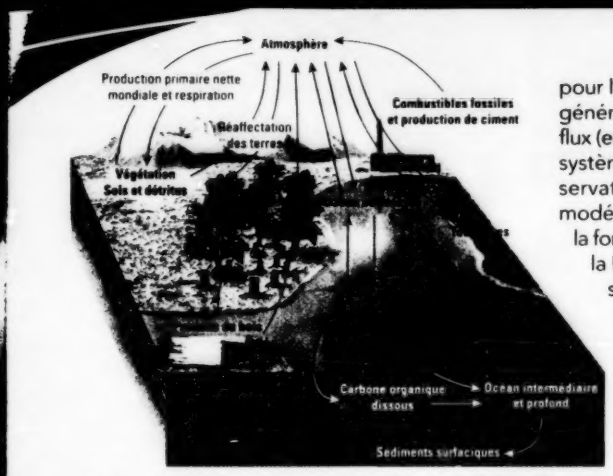
Le Service canadien des forêts (SCF) de Ressources naturelles Canada est le plus important organisme au Canada menant des recherches sur la réaction des forêts aux changements climatiques. Il joue un rôle clé dans les travaux sur le bilan du carbone des forêts du Canada, mettant à contribution ses établissements de recherche situés à Victoria (Colombie-Britannique), Edmonton (Alberta), Sault Ste. Marie (Ontario), Sainte-Foy (Québec) et Fredericton (Nouveau-Brunswick). L'intégration de ces recherches est assurée à l'échelle nationale par le modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien et d'autres projets du SCF.

Les forêts du Canada et le cycle mondial du carbone

Les forêts du Canada renferment des quantités considérables de carbone et jouent donc un rôle important dans le cycle mondial du carbone.

La plupart des scientifiques croient que l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, principalement due à l'utilisation des combustibles fossiles, entraîne un réchauffement de la planète. En prélevant du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, les forêts aident à réduire ce réchauffement. Les écosystèmes forestiers du Canada sont des **réservoirs** de carbone atmosphérique — des entrepôts pour les précurseurs des gaz à effet de serre. Ils renferment d'importants **stocks** de carbone — le contenu d'un réservoir pour une période donnée — qui se trouvent dans les arbres, les sols et la tourbe. Lorsque les arbres sont récoltés, le carbone qu'ils contiennent n'est pas libéré en entier dans l'atmosphère; une partie est retenue dans les produits qui en sont tirés (papier, mobilier, bois d'œuvre et autres matériaux de construction). Une forêt est dite un **puits** si son stock de carbone est en hausse, une **source** si son stock est en baisse. Son état de puits ou de source peut changer avec le temps. Quand une forêt est détruite par le feu ou les insectes ou que son emplacement est affecté à d'autres usages (agriculture, habitation, route), une partie du carbone qui s'y trouvait retourne dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone — la forêt est alors une source de carbone. Lorsque la forêt repousse, elle absorbe du dioxyde de carbone de l'atmosphère et l'utilise pour produire des tissus végétaux — elle devient un puits.

Les pratiques d'aménagement des forêts, comme la récolte des arbres, la sylviculture et la lutte contre les insectes, les maladies et les incendies, peuvent influer sur la quantité de carbone absorbée par une forêt, sur la durée de son entreposage dans la forêt et sur la quantité qui retourne dans l'atmosphère. Les pratiques d'aménagement forestier durable peuvent accroître les stocks de carbone dans les forêts, par exemple en réduisant les perturbations du sol et en favorisant la régénération et la repousse après un incendie, une infestation d'insecte ou une récolte. Les efforts pour créer de nouvelles forêts (boisement) et réduire le déboisement (perte permanente de forêts) favorisent aussi le stockage du carbone dans les écosystèmes forestiers du



Le carbone se déplace entre l'atmosphère, les océans, la biosphère terrestre et, à l'échelle géologique, les sédiments et les roches sédimentaires.

Canada et contribuent à réduire les concentrations du dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Le Canada possède plus de 400 millions d'hectares de forêts, ce qui représente près de 10 % de la superficie totale des forêts à l'échelle de la planète. Comme le dioxyde de carbone est l'un des plus importants gaz à effet de serre responsables des changements climatiques découlant directement des activités humaines, il est important d'estimer l'ampleur des échanges de carbone entre l'atmosphère et la forêt.

Vu l'immensité de la forêt canadienne, l'estimation de son bilan du carbone est impossible par des mesures directes; il faut combiner modélisation et données d'observation. La recherche scientifique et le modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien aident à mieux comprendre la réponse du cycle du carbone forestier, à ses différents stades, devant les changements survenant dans les espèces, la croissance, les perturbations naturelles, les pratiques sylvicoles, l'utilisation du territoire et le climat. Cette compréhension est importante afin que le Canada puisse aménager ses forêts de manière à réduire la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et, par conséquent, le réchauffement de la planète.

Modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien

Un modèle est une simplification de la réalité.

Depuis la fin des années 1980, des chercheurs du SCF s'appliquent à mettre au point un modèle de simulation informatique qui décrit la dynamique du carbone dans les écosystèmes forestiers du Canada. Le modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien est un cadre général de comptabilisation des stocks et des flux (entrées et sorties) de carbone dans les écosystèmes forestiers. Il combine données d'observation (inventaires forestiers) et processus modélisés pour simuler le cycle du carbone de la forêt, y compris le stockage du carbone dans la biomasse (aérienne et souterraine) et les sols ainsi que les échanges de carbone entre ces réservoirs et l'atmosphère. Il simule la croissance, la mortalité et la décomposition de la forêt, les effets des perturbations naturelles (feux, insectes et maladies) et l'impact des activités humaines (récolte, transformation des produits, plantation et protection des forêts) sur le cycle du carbone forestier. L'effet des perturbations sur la structure d'âge des peuplements forestiers ainsi que les apports de carbone dans l'atmosphère et la couverture morte sont également calculés. Un modèle connexe portant sur le secteur des produits forestiers est utilisé pour simuler le devenir du carbone prisonnier du bois et des autres produits forestiers. Le modèle tient compte pour ses estimations de 42 unités spatiales (définies par superposition des provinces écoclimatiques et des divisions administratives des provinces et des territoires) et de 457 écosystèmes forestiers.

Perturbations

Les perturbations constituent un élément important du cycle naturel des forêts. Toutefois, les incendies, les insectes ravageurs et les activités de récolte du bois accélèrent la libération de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, accentuant du même coup les changements climatiques. En outre, ils modifient la structure d'âge de la forêt et influent ainsi sur la capacité de celle-ci de séquestrer le carbone. Les perturbations naturelles se caractérisent par une variabilité annuelle considérable.

Globalement, les écosystèmes forestiers du Canada représentent-ils un puits ou une source de carbone? Il n'est pas facile de répondre à cette question. D'après les connaissances actuelles, ils passeraient de l'un à l'autre selon un cycle de plusieurs années ou décennies.

D'après le modèle du bilan du carbone pour le secteur forestier canadien, des perturbations majeures auraient entraîné, à la fin des années 1800, l'établissement d'importantes cohortes de jeunes peuplements au début des années 1900 — un

Peuplements forestiers : dynamique liée à la structure d'âge

Le bilan net du carbone de la forêt canadienne est le résultat de la dynamique du carbone de l'ensemble des différents peuplements qui la composent.

Un jeune peuplement peut se développer rapidement, mais, comme les arbres qui le composent sont encore très petits, il ne renferme pas beaucoup de carbone. Mais le sol de ce peuplement comprend beaucoup de débris organiques riches en carbone, créés par la perturbation qui a fait disparaître le peuplement mûr précédent; en se décomposant, cette matière organique libère du carbone dans l'atmosphère. À mesure que le peuplement vieillit, ses arbres grossissent, et de plus en plus de carbone y est stocké. Parallèlement augmentent aussi les apports de carbone au sol par les feuilles et les branches mortes tombant des arbres plus âgés. Lorsque le peuplement a atteint la maturité, ses arbres poussent moins rapidement; le peuplement devient généralement neutre relativement au carbone : la décomposition des feuilles et des branches mortes au sol contrebalance l'absorption du carbone par les arbres. Lorsque le peuplement est suranné, il peut redevenir une source de carbone si la décomposition de la couverture morte du sol l'emporte sur l'absorption de carbone par les vieux arbres à croissance lente.

D'autres facteurs influencent également le bilan du carbone d'une forêt. Les peuplements mûrs sont plus vulnérables aux insectes, aux maladies et aux incendies; la mortalité qu'ils subissent a pour effet d'augmenter la matière organique en décomposition et la quantité de dioxyde de carbone libérée dans l'atmosphère. La récolte d'un peuplement mûr entraîne la perte du carbone se trouvant dans les produits récoltés et l'émission de plus fortes quantités de dioxyde de carbone dans l'atmosphère par la décomposition des parties résiduelles des arbres (comme les souches et les racines). Par ailleurs, tout le carbone perdu par la forêt ne retourne pas directement dans l'atmosphère; une partie demeure dans les produits du bois. La repousse du peuplement réabsorbe avec le temps le carbone libéré dans l'atmosphère.

baby-boom forestier en quelque sorte. La forêt absorbait donc de fortes quantités de carbone dans les années 1920. Le régime des perturbations ayant été plutôt faible de 1920 à 1970, les arbres mûrs sont devenus dominants, entraînant une diminution générale de la quantité de carbone absorbée. Aujourd'hui, ces peuplements sont mûrs et surannés, et beaucoup ont un bilan neutre ou sont même devenus des sources de carbone. Depuis 1970 environ, les perturbations ont considérablement augmenté, et les vieux peuplements sont remplacés par des jeunes. De fortes pertes de carbone, par combustion, décomposition et respiration, accompagnent ces perturbations.

De 1920 à 1979, les écosystèmes forestiers du Canada, dans l'ensemble, ont représenté un puits net de carbone, mais ils en sont une source nette depuis 1980. Les forêts ne sont pas toutes pareilles. Dans certaines régions du pays, elles sont des puits; dans d'autres, des sources, selon leur histoire et leur état actuel.

La recherche continue

La recherche au Service canadien des forêts met actuellement l'accent sur les moyens de maintenir et de favoriser le stockage du carbone dans la forêt aménagée, c'est-à-dire dans le territoire touché par des activités d'aménagement forestier, et qui serait actuellement une source nette de carbone. L'objectif est de faire en sorte que les forêts du Canada, et leur aménagement, contribuent à résoudre le problème plutôt qu'à l'aggraver, en réduisant les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone et en atténuant les effets des changements climatiques.

www.nrcan-rncan.gc.ca/cfs-scf

Pour renseignements supplémentaires :

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Dir. gén. des sciences
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
Tél. : (613) 947-7341
Téléc. : (613) 947-7396

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506, West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique)
V8Z 1M5
Tél. : (250) 363-0600
Téléc. : (250) 363-0775

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320-122 Street
Edmonton (Alberta)
T6H 3S5
Tél. : (780) 435-7210
Téléc. : (780) 435-7359

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada 2001 ISBN 0-662-66026-9 N° de catalogue Fo42-323/2001